PART4　エンタルピー図・公式

目標　・エンタルピー図を使った計算にはどんなものがあるのか確認していこう！

Chapter1　生成エンタルピー＋仲間はずれ

要点

生成エンタルピー＋仲間はずれ

・エンタルピー図から導かれる公式

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（生成物の生成エンタルピーの和）

－（反応物の生成エンタルピーの和）

◆「生成エンタルピー＋仲間はずれ」のエンタルピー図　重要

エンタルピー図の書き方に従い，以下の 例題 のエンタルピー図を書いてみよう。

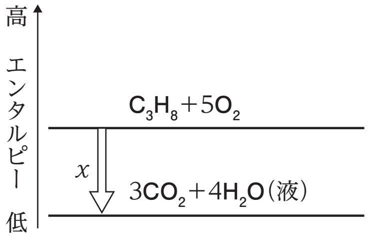
例題

次の生成エンタルピーを用いて，プロパン C_3H_8 の燃焼エンタルピーを求めよ。

生成エンタルピー

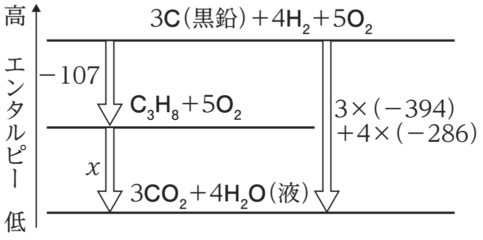
H_2O（液）－ 286kJ/mol，CO_2 － 394kJ/mol，C_3H_8 － 107kJ/mol

考え方



⑴仲間はずれは C_3H_8 の燃焼エンタルピーなので，これを x kJ/mol としてエンタルピー図を書き始める。定義とエンタルピーレベルは「化合物（上）→完全燃焼化合物（下）」である。

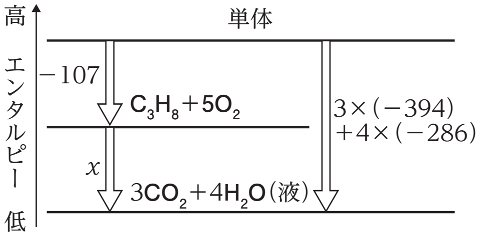
⑵残りのエンタルピーは生成エンタルピーで，定義とエンタルピーレベルは「単体（上）→化合物（下）」である。



以上より，C_3H_8 の燃焼エンタルピーは次のように求めることができる。

$(-107)+x=3\times(-394)+4\times(-286)$　　$x=-2219$kJ/mol

※エンタルピー図を書くことに慣れてきたら，仲間はずれ以外については「単体」などと略記で書いてもよい。



◆「生成エンタルピー＋仲間はずれ」の公式

先ほど書いたエンタルピー図から導かれる式を確認すると，「仲間はずれの反応エンタルピー」は次のように表すことができる。

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（生成物の生成エンタルピーの和）
－（反応物の生成エンタルピーの和）

例　$x=\{3\times(-394)+4\times(-286)\}-(-107)$

以上より，「仲間はずれの反応エンタルピーのみ」を反応式で書き，上述の公式を利用するという方法でも解くことができる。

※公式をいくつも暗記するよりは，エンタルピー図の書き方ひとつを克服する方をお勧めする。

まとめ

・生成エンタルピー＋仲間はずれ

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（（　　　　　）の生成エンタルピーの和）
－（（　　　　　）の生成エンタルピーの和）

Chapter2　燃焼エンタルピー＋仲間はずれ

要点

燃焼エンタルピー＋仲間はずれ

・エンタルピー図から導かれる公式

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（反応物の燃焼エンタルピーの和）
－（生成物の燃焼エンタルピーの和）

◆「燃焼エンタルピー＋仲間はずれ」のエンタルピー図 重要

エンタルピー図の書き方に従い，以下の 例題 のエンタルピー図を書いてみよう。

例題

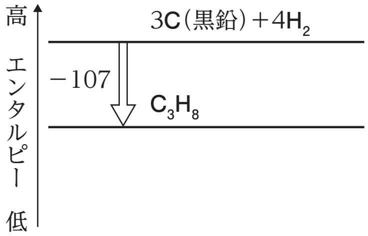
次の反応エンタルピーを用いて，プロパン C_3H_8 の燃焼エンタルピーを整数値で求めよ。

燃焼エンタルピー　：H_2 － 286kJ/mol，C（黒鉛）－ 394kJ/mol

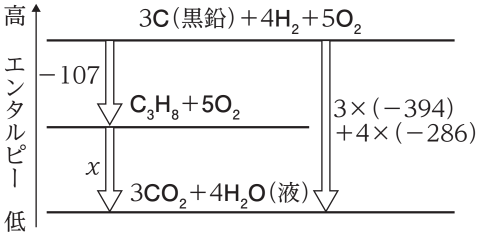
生成エンタルピー　：C_3H_8 － 107kJ/mol

考え方

(1)仲間はずれは C_3H_8 の生成エンタルピーなので，
ここからエンタルピー図を書き始める。
定義とエンタルピーレベルは
「単体（上）→化合物（下）」である。



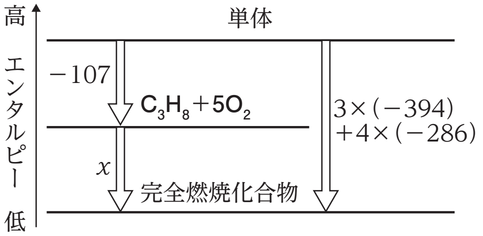
(2)残りのエンタルピーは燃焼エンタルピーである。
(求める C_3H_8 の燃焼エンタルピーを x kJ/mol とする。)
定義とエンタルピーレベルは
「単体 or 化合物（上）→完全燃焼化合物（下）」である。



以上より，C_3H_8 の燃焼エンタルピーは次のように求めることができる。

$(-107) + x = 3 \times (-394) + 4 \times (-286)$　　$x = -2219$kJ/mol

※エンタルピー図を書くことに慣れてきたら，仲間はずれ以外については「単体」などと略記で書いてもよい。



※この問題は「生成エンタルピー＋仲間はずれ」で扱った例題と全く同じだと気付いただろうか。

完全燃焼化合物の生成エンタルピーは単体の燃焼エンタルピーと捉えることもできる

ことを意識しておこう。

例 H_2O(液)の生成エンタルピー ＝ H_2 の燃焼エンタルピー

◆「燃焼エンタルピー＋仲間はずれ」の公式

先ほど書いたエンタルピー図から導かれる式を確認すると，「仲間はずれの反応エンタルピー」は次のように表すことができる。

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（反応物の燃焼エンタルピーの和）
－（生成物の燃焼エンタルピーの和）

例 $-107 = \{3 \times (-394) + 4 \times (-286)\} - x$

以上より，「仲間はずれの反応エンタルピーのみ」を反応式で書き，上述の公式を利用するという方法でも解くことができる。

※公式をいくつも暗記するよりは，エンタルピー図の書き方ひとつを克服する方をお勧めする。

まとめ

・燃焼エンタルピー＋仲間はずれ

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（(　　　　　)の燃焼エンタルピーの和）
－（(　　　　　)の燃焼エンタルピーの和）

Chapter3　結合エネルギー＋仲間はずれ

要点

結合エネルギー＋仲間はずれ

・エンタルピー図から導かれる公式

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（反応物の結合エネルギーの和）
－（生成物の結合エネルギーの和）

◆ 結合エネルギー　重要

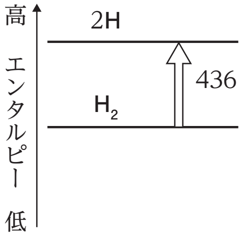
結合エネルギーとは「**気体の原子間結合 1mol を切断し，原子にするために必要なエネルギー**」である。

「必要な」エネルギーであるため，吸熱反応すなわちエンタルピー変化は正の数になる。

例　H_2 の結合エネルギーは 436kJ/mol。

→ 反応式にすると次のようになる。

H_2(気) → 2H(気)　$\Delta H = 436$kJ



◆「結合エネルギー＋仲間はずれ」のエンタルピー図　重要

エンタルピー図の書き方に従い，以下の 例題 のエンタルピー図を書いてみよう。

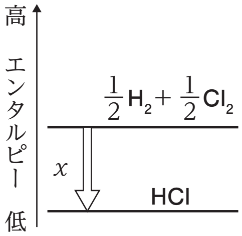
例題

次の結合エネルギーを用いて，HCl の生成エンタルピーを求めよ。

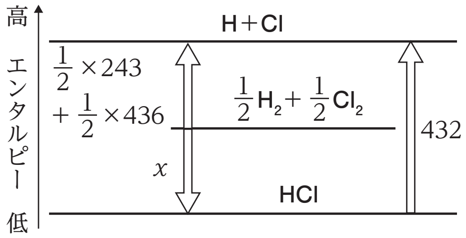
結合エネルギー：H_2 436kJ/mol，Cl_2 243kJ/mol，HCl 432kJ/mol

考え方

(1)仲間はずれは HCl の生成エンタルピーなので，これを x kJ/mol としてエンタルピー図を書き始める。定義とエンタルピーレベルは「単体（上）→化合物（下)」である。



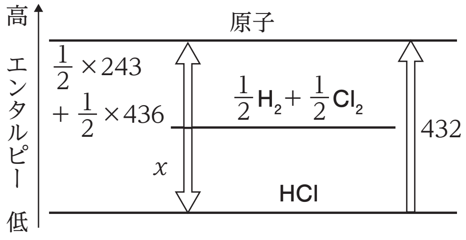
(2)残りのエンタルピーは結合エネルギーで，定義とエンタルピーレベルは「原子（上）→単体 or 化合物（下)」である。



以上より，HCl の生成エンタルピーは次のように求めることができる。

$$\frac{1}{2} \times 243 + \frac{1}{2} \times 436 - x = 432 \qquad \underline{x = -92.5\text{kJ/mol}}$$

※エンタルピー図を書くことに慣れてきたら，仲間はずれ以外については「原子」などと略記で書いてもよい。



◆「結合エネルギー＋仲間はずれ」の公式

先ほど書いたエンタルピー図から導かれる式を確認すると,「仲間はずれの反応エンタルピー」は次のように表すことができる。

仲間はずれの反応エンタルピー　＝（反応物の結合エネルギーの和）
－（生成物の結合エネルギーの和）

例 $x = \left\{ \frac{1}{2} \times 243 + \frac{1}{2} \times 436 \right\} - 432$

以上より,「仲間はずれの反応エンタルピーのみ」を反応式で書き，上述の公式を利用するという方法でも解くことができる。

※公式をいくつも暗記するよりは，エンタルピー図の書き方ひとつを克服する方をお勧めする。

まとめ

・結合エネルギー＋仲間はずれ
仲間はずれの反応エンタルピー　＝（（　　　　　）の結合エネルギーの和）
－（（　　　　　）の結合エネルギーの和）

Chapter4　演習問題

問　次の結合エネルギーを用いて，アンモニアの生成エンタルピーを求めよ。
結合エネルギー：N ≡ N 946kJ/mol，H － H 436kJ/mol，N － H 391kJ/mol

第５講　PART4　確認問題

問１　次の問いに答えよ。

(1)　二酸化炭素の生成エンタルピーが－394kJ/mol のとき，炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは何 kJ/mol になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　－197kJ/mol　　②　－394kJ/mol
③　－591kJ/mol　　④　－788kJ/mol

(2)　次の生成エンタルピーを用いると，エタン C_2H_6 の燃焼エンタルピーは何 kJ/mol になるか。最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

生成エンタルピー　H_2O：　－286kJ/mol
CO_2：　－394kJ/mol
C_2H_6：　－85kJ/mol

①　－595kJ/mol　　②　－1078kJ/mol
③　－1561kJ/mol　　④　－1731kJ/mol

(3)　次の結合エネルギー，生成エンタルピーを用いると，H－Cl の結合エネルギーは何 kJ/mol になるか。最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

結合エネルギー　H－H　：436kJ/mol
Cl－Cl　：243kJ/mol
生成エンタルピー　HCl　：－92.5kJ/mol

①　189kJ/mol　　②　247kJ/mol
③　324kJ/mol　　④　432kJ/mol

< Note >

第５講　化学反応と熱・光エネルギー（熱化学）

PART1　熱化学の基本事項

問　(1)　CH_4（気）＋ $2O_2$（気）→ CO_2（気）＋ $2H_2O$（液）　$\Delta H = -891\text{kJ}$

(2)　$\frac{1}{2}N_2$（気）＋ $\frac{3}{2}H_2$（気）→ NH_3（気）　$\Delta H = -46\text{kJ}$

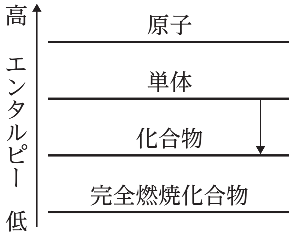
(3)　H_2O（液）→ H_2O（気）　$\Delta H = 41\text{kJ}$

PART2　反応エンタルピーを求める実験

問　17(kJ/mol)

PART3　ヘスの法則を利用した計算

問



PART4　エンタルピー図・公式

問　－ 46 kJ/mol

PART5　熱化学の計算練習

Chapter1　－1301 kJ/mol

Chapter2　－891 kJ/mol

Chapter3　－74 kJ/mol

Chapter4　2 kJ/mol

PART6　化学反応が進む向き・化学反応と光

問　②

第 5 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：
二酸化炭素の生成エンタルピーは炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーと捉えることもできるので，炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは－ 394kJ/mol である。

(2)　③

解説：
エタン C_2H_6 の燃焼エンタルピーを x kJ/mol とすると，エンタルピー図より，以下の式が成立する。
$-85 + x = 2 \times (-394) + 3 \times (-286)$
よって，$x = -1561$kJ/mol となる。
また，公式を利用して求めることもできる。
$x = \{2 \times (-394) + 3 \times (-286)\} - (-85)$

(3)　④

解説：
H － Cl の結合エネルギーを x kJ/mol とすると，エンタルピー図より，以下の式が成立する。
$\frac{1}{2} \times 243 + \frac{1}{2} \times 436 - (-92.5) = x$
よって，$x = 432$kJ/mol となる。
また，公式を利用して求めることもできる。
$-92.5 = \left\{\frac{1}{2} \times 243 + \frac{1}{2} \times 436\right\} - x$